

DERWENT-ACC-NO: 1991-165113

DERWENT-WEEK: 200135

COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Adaptable revolution rate measurement for internal  
combustion engines - using segment wheel and sensor with  
weighting of individual segment revolution rate average  
values

INVENTOR: BIRK, M; KUETTNER, T

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1989DE-3939113 (November 25, 1989)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 3939113 A	May 29, 1991	N/A	000	N/A
JP 3174317 B2	June 11, 2001	N/A	004	G01P 003/481
EP 433594 A	June 26, 1991	N/A	000	N/A
EP 433594 B1	August 2, 1995	G	005	G01P 011/00
DE 59009469 G	September 7, 1995	N/A	000	G01P 011/00

DESIGNATED-STATES: DE FR GB DE FR GB

CITED-DOCUMENTS: DE 3223328; GB 2159955

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 3939113A	N/A	1989DE-3939113	November 25, 1989
JP 3174317B2	N/A	1990JP-0315722	November 22, 1990
JP 3174317B2	Previous Publ.	JP 3180765	N/A
EP 433594A	N/A	1990EP-0119652	October 13, 1990
EP 433594B1	N/A	1990EP-0119652	October 13, 1990
DE 59009469G	N/A	1990DE-0509469	October 13, 1990
DE 59009469G	N/A	1990EP-0119652	October 13, 1990
DE 59009469G	Based on	EP 433594	N/A

INT-CL (IPC): G01D001/02, G01P003/48 , G01P003/481 , G01P011/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3939113A

BASIC-ABSTRACT:

The method of measuring the revolution rate of an internal combustion engine involves using a sensor which senses a segment wheel connected to a shaft in the engine. The sensor passes a pulse signal dependent on the wheel's surface to an evaluation device which derives segment revolution rate values.

An average revolution rate value is derived from several individually weighted segment revolution rate values. The weighting is selected according to the requirements of the average rate to be determined.

USE/ADVANTAGE - For rapid accurate measurement of revolution rate with compensation of rotation irregularities.

ABSTRACTED-PUB-NO: EP 433594B

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

Method for detecting the rotational speed of an internal combustion engine with a sensor which senses a segment wheel which is connected to a shaft of the internal combustion engine and supplies to an evaluation device a pulse sequence which is dependent on the surface of the segment wheel and on the rotational speed, in which evaluation device values of the segment rotational speed for specific time um are formed from the pulse sequence, an average rotational speed being formed from a plurality of values of the segment rotational speed, characterised in that the average rotational speed NA is formed from values NS of the rotational speed according to an algorithm:  $NA(v) = A \times NS(v) + B \times NS(v-1) + C \times NS(v-2) + \dots$  and the mutually different coefficients A, B, C are determined from secondary conditions, the number (N) of which corresponds to the number of coefficients and the secondary conditions are selected in such a way that the following applies: I.  $A+B+C = 1$  for low frequencies of the pulse sequence; II.  $A=C = B$  for low frequencies of the pulse sequence; III. The phase shift between the average value (NA) of the rotational speed and the instantaneous segment rotational speed (NS) will be zero at a specific frequency of the rotational speed signal or the phase shift between the average value (NA) of the rotational speed and the instantaneous segment rotational speed (NS) will be such that no phase delay occurs during the detection of rotational speed at the specific frequency.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1,2/2 Dwg.1,2/2

TITLE-TERMS: ADAPT REVOLUTION RATE MEASURE INTERNAL COMBUST ENGINE  
SEGMENT

WHEEL SENSE WEIGHT INDIVIDUAL SEGMENT REVOLUTION RATE AVERAGE VALUE

DERWENT-CLASS: S02 X22

EPI-CODES: S02-G01B1; S02-K01; X22-A05C;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1991-126569

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 39 39 113 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 39 39 113.2  
㉑ Anmeldetag: 25. 11. 89  
㉒ Offenlegungstag: 29. 5. 91

㉓ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 P 3/481**  
G 01 P 3/36  
G 01 D 1/02  
// F 02 D 41/02, 41/30

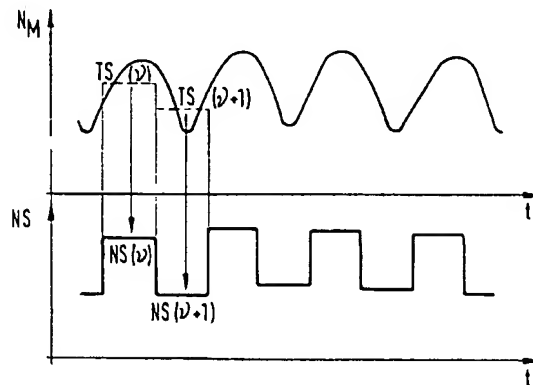
DE 3939113 A1

㉔ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

㉕ Erfinder:  
Kuettnner, Thomas, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE;  
Birk, Manfred, Dipl.-Ing., 7141 Oberriexingen, DE

㉖ Verfahren zur anpaßbaren Drehzahlermittlung

Es wird ein Verfahren zur Drehzahlverarbeitung bei einer Brennkraftmaschine angegeben, bei dem ein Segmentrad von einem Sensor abgetastet wird und in einer Auswerteschaltung aus mehreren Segmentdrehzahlen eine mittlere Drehzahl gebildet wird, wobei diese mittlere Drehzahl nach einem speziellen Algorithmus berechnet wird und die zur Lösung des Algorithmus erforderlichen Nebenbedingungen in Abhängigkeit von Anforderungen an die Drehzahlertassung festgelegt werden.



DE 3939113 A1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Zur Steuerung oder Regelung einer Brennkraftmaschine, beispielsweise bei der elektronischen Dieseleinspritzung (EDC) wird eine exakte Aussage bezüglich der Drehzahl der Brennkraftmaschine benötigt. Die wesentlichen Forderungen an eine Drehzahlerfassung und Drehzahlaufbereitung sind einerseits eine möglichst schnelle Erfassung und Aufbereitung der Drehzahl, damit die Phasenverzögerung möglichst klein bleibt und andererseits eine möglichst exakte Erfassung, bei der die von Verbrennungsvorgängen in der Brennkraftmaschine verursachten Drehzahlschwankungen ausgemittelt sind.

Bei relativ niedrigen Drehzahlen von  $n < 1200$  Umdrehungen pro Minute ergibt sich üblicherweise ein Drehzahlverlauf wie in Fig. 1 dargestellt. Dabei ist der mittleren Drehzahl ein im Arbeitstakt der Brennkraftmaschine periodisch schwankender Anteil überlagert.

Bei herkömmlichen Verfahren zur Drehzahlbestimmung erfolgt die Drehzahlerfassung mit Hilfe eines Segmentrades, das beispielsweise auf der Kurbelwelle oder der Nockenwelle befestigt ist. Dabei wird das Segmentrad mittels eines Induktiv- oder Hall-Gebers abgetastet. Der Sensor liefert eine Folge von Impulsen, aus deren Abstand die Drehzahl ermittelt wird. Im unteren Teil von Fig. 1 ist der Verlauf der so erhaltenen Segmentdrehzahlen NS über der Zeit aufgetragen.

Aus einer Anzahl dieser Segmentdrehzahlen könnte durch Mittelwertbildung ein genauer Drehzahlwert erhalten werden. Wie aus der DE-OS 32 23 328 bekannt ist, reicht ein nach dieser Methode bestimmter Drehzahlwert jedoch nicht aus, um eine moderne kennfeldgesteuerte Regeleinrichtung für die Zündung, die Einspritzung und dergleichen, durchzuführen. Deshalb wird in der DE-OS 32 23 328 vorgeschlagen, ein im Arbeitstakt der Brennkraftmaschine periodisch schwankendes Signal, beispielsweise die Drehzahl kurbelwellensynchron einmal pro Periode abzutasten und in einer Auswerteeinheit, beispielsweise einer Rechenschaltung so auszuwerten, daß ein exakter Mittelwert erhalten wird.

Die aus DE-OS 32 23 328 bekannte Einrichtung hat jedoch den Nachteil, daß lediglich ein Meßwert pro Periode zur Berechnung des Mittelwerts der Drehzahl verwendet wird, dies kann bei einem Auftreten von Störimpulsen zu Fehlern bei der Ermittlung des Drehzahlmittelwertes führen.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß zur Ermittlung der Drehzahl mehrere Meßwerte verwendet werden, daß die einzelnen Meßwerte, die zur Drehzahlbestimmung verwendet werden, mit unterschiedlichen Faktoren gewichtet und daß diese Gewichtungsfaktoren an die unterschiedlichen Erfordernisse angepaßt werden können. Damit wird eine schnelle und genaue Drehzahlerfassung erreicht und die Ungleichförmigkeiten des Drehzahlverlaufes werden ausgemittelt. Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

## Zeichnung

Fig. 1 ist der Verlauf der Drehzahl der Brennkraftmaschine über der Zeit dargestellt, gleichzeitig sind die nach dem Stand der Technik erhaltenen Segmentdrehzahlen über der Zeit aufgetragen und die Ungleichförmigkeit des Motors, die in der Segmentdrehzahl enthalten ist, angedeutet. In Fig. 2 sind die Segmentdrehzahl und die mittlere Drehzahl ohne Phasenverzögerung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren über der Zeit aufgetragen.

## Beschreibung der Erfindung

Zur Erfassung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine wird ein mit einer Welle der Brennkraftmaschine verbundenes Segmentrad, das an seinem Umfang mehrere (unterscheidbare) Segmente bzw. Markierungen aufweist, von einem Sensor abgetastet, dessen Ausgangssignal einer Auswerteanordnung, beispielsweise einem Rechner zugeführt wird. Als Segmentrad kann ein Rad mit Vertiefungen oder Erhöhungen auf der Oberfläche, ein Rad mit magnetischen und nichtmagnetischen Bereichen oder prinzipiell ein Rad mit unterscheidbaren Markierungen an seiner Oberfläche eingesetzt werden. Als Sensor kann ein Hall-Sensor, Induktiv-Sensor oder ein ähnlicher Sensor verwendet werden, wobei eine entsprechende Übereinstimmung zwischen der Art des Geberrades und dem gewählten Sensortyp erreicht werden sollte.

Ein solcher Sensor liefert Ausgangssignale, die die Eingangswerte für die Drehzahlverarbeitung darstellen, dies sind eine Folge von Segmentdrehzahlwerten  $NS(v-2)$ ,  $NS(v-1)$ ,  $NS(v)$ ,  $NS(v+1)$ , ..., Abb. 1 zeigt eine solche Folge von Segmentdrehzahlwerten über der Zeit. Am Ausgang der Einrichtung zur Drehzahlverarbeitung soll die aktuelle Drehzahl  $N_A(v)$  zum aktuellen Zeitpunkt  $v$  erhalten werden. Zur Bestimmung dieser aktuellen Drehzahl zum Zeitpunkt  $v$  kann folgender Algorithmus verwendet werden:

$$N_A(v) = A \times NS(v) + B \times NS(v-1) + C \times NS(v-2) + D \times NS(v-3) + \dots \quad (1)$$

Die Drehzahl  $N_A$  setzt sich also aus einer Summe von vielen einzelnen Drehzahlwerten  $NS$  zusammen, die jeweils mit einem Koeffizienten gewichtet sind, wobei diese Koeffizienten zu bestimmen sind. Zur Vereinfachung

chung des Rechenaufwands und bedingt durch die Anzahl der erhältlichen Nebenbedingungen wird dieser Algorithmus verkürzt auf:

$$N_A(v) = A \times NS(v) + B \times NS(v-1) + C \times NS(v-2) \quad (2)$$

An diesen Algorithmus 2 werden drei Forderungen gestellt, um die Koeffizienten A, B, C zu bestimmen:

#### 1. Forderung

Der Algorithmus soll für tiefe Frequenzen die Verstärkung = 1 haben, damit ergibt sich der Zusammenhang:

$$A + B + C = 1 \quad (3)$$

#### 2. Forderung

Eine zweite Forderung besteht darin, daß für tiefe Frequenzen die Drehzahlgleichförmigkeit unterdrückt werden soll, dies entspricht einer Mittelwertbildung. Die zweite Nebenbedingung für den Algorithmus ist damit gegeben durch:

$$A + C = B \quad (4)$$

#### 3. Forderung

Schließlich soll als dritte Forderung an den Algorithmus noch ein wählbares bzw. zu definierendes Phasenverhalten vorgegeben werden. Damit wird eine dritte Bedingung für die Ermittlung der Koeffizienten A, B und C erhalten. Als Beispiele für diese Phasenverhalten sind möglich:

1. Phase  $\varphi = 0$  bei  $f = 5$  Hz

2. Die Phasenvoreilung bei der Frequenz  $f = 5$  Hz sei gleich der Phasenverzögerung bei der Drehzahlmessung. Damit wird erreicht, daß insgesamt, also bei der Drehzahlerfassung und der Drehzahlverwertung keine Phasennacheilung auftritt.

Zur Erfüllung der dritten Forderung wird der Phasenwinkel  $\varphi$  berechnet. Dies geschieht durch eine Transformation der Gleichung 2 in den Frequenzbereich. Gleichung 5 stellt die so erhaltene mittlere Drehzahl  $N_A(s)$  in Abhängigkeit von der Frequenz dar. Gleichung 6 bzw. Gleichung 7 werden aus Gleichung 5 durch aus der Mathematik bekannte Umformungen erhalten. Dabei stellt Gleichung 7 eine Beziehung für die Phase dar, der in den Gleichungen 6 und 7 auftretende Ausdruck  $T_a$  entspricht einer Abtastzeit.

$$N_A(s) = A \times NS(s) + B \times NS(s) \times e^{-s} + C \times NS(s) \times e^{-2s} \quad (5)$$

$$\frac{N_A(s)}{NS(s)} = A + Bx(\cos wT_a - j \sin wT_a) + C \times (\cos 2wT_a - j \times \sin 2wT_a) \quad (6)$$

$$\varphi = \arctan \frac{\text{Imaginärteil}}{\text{Realteil}} = \arctan \frac{-(B \times \sin wT_a + C \times \sin 2wT_a)}{A + B \times \cos wT_a + C \times \cos 2wT_a} \quad (7)$$

#### Koeffizientenbestimmung

Aus den Gleichungen (3) und (4) ergibt sich für B ein Wert von:  $B = 1/2$ . Weiterhin ergibt sich für Beispiel 1 mit einer Abtastzeit von  $T_a = 0,0146$  Sekunden entsprechend  $N_m = 700$  Umdrehungen pro Minute für die Koeffizienten A und C:

$$A = 0,723 \text{ und } C = -0,277.$$

Mit den so bestimmten Koeffizienten lautet Gleichung 2:

$$N_A(v) = 0,723 \times NS(v) + 0,5 \times NS(v-1) - 0,277 \times NS(v)$$

Fig. 2 zeigt den Zusammenhang zwischen der mittleren Drehzahl  $N_A$  und der Segmentdrehzahl NS über der Zeit für eine entsprechend den vorstehenden Ausführungen durchgeführte Berechnung der mittleren Drehzahl  $N_A$ . Die mittlere Drehzahl  $N_A$  hat infolge der vorgegebenen, bzw. so ausgewählten Forderungen bzw. Nebenbedingungen an den Algorithmus keine Phasenverzögerung gegenüber der Segmentdrehzahl NS. Durch Aufstellen von anderen Forderungen bei der Koeffizientenbestimmung ergibt sich ein anderes Verhalten der Drehzahl  $N_A$ . Je nach Aufstellung dieser Forderungen ist es damit möglich, bei der Ermittlung der mittleren Drehzahl  $N_A$  ein Verfahren derart auszuwählen, daß die verlangten Anforderungen an die zu bestimmende mittlere Drehzahl erfüllt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen der Drehzahl einer Brennkraftmaschine mit einem Sensor, der ein mit einer Welle der Brennkraftmaschine verbundenes Segmentrad abtastet und eine von der Oberfläche des Segmentrades abhängige Pulsfolge an eine Auswerteeinrichtung liefert, in der aus der Pulsfolge Segmentdrehzahlwerte gebildet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus mehreren Segmentdrehzahlwerten eine mittlere Drehzahl gebildet wird, wobei die einzelnen Segmentdrehzahlen gewichtet werden und die Gewichtung in Abhängigkeit von Anforderungen an die zu ermittelnde mittlere Drehzahl bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Drehzahl aus Segmentdrehzahlwerten gebildet wird, nach einem Algorithmus

$$N_A(v) = A \times NS(v) + B \times NS(v-1) + C \times NS(v-2) + \dots \quad (1)$$

ermittelt wird und die Koeffizienten A, B, C ... aus N-Nebenbedingungen ermittelt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Drehzahl aus drei Segmentdrehzahlen gebildet wird und die drei Koeffizienten A, B, C aus den drei folgenden Nebenbedingungen ermittelt werden:

1. Der Algorithmus soll für tiefe Frequenzen die Verstärkung 1 aufweisen,
2. Der Algorithmus soll für tiefe Frequenzen einen Mittelwert darstellen,
3. Der Algorithmus soll ein Phasenverhalten derart aufweisen, daß die Phasenvoreilung bei einer bestimmten Frequenz gleich einem Vorgabewert entspricht.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

– Leerseite –

FIG. 1

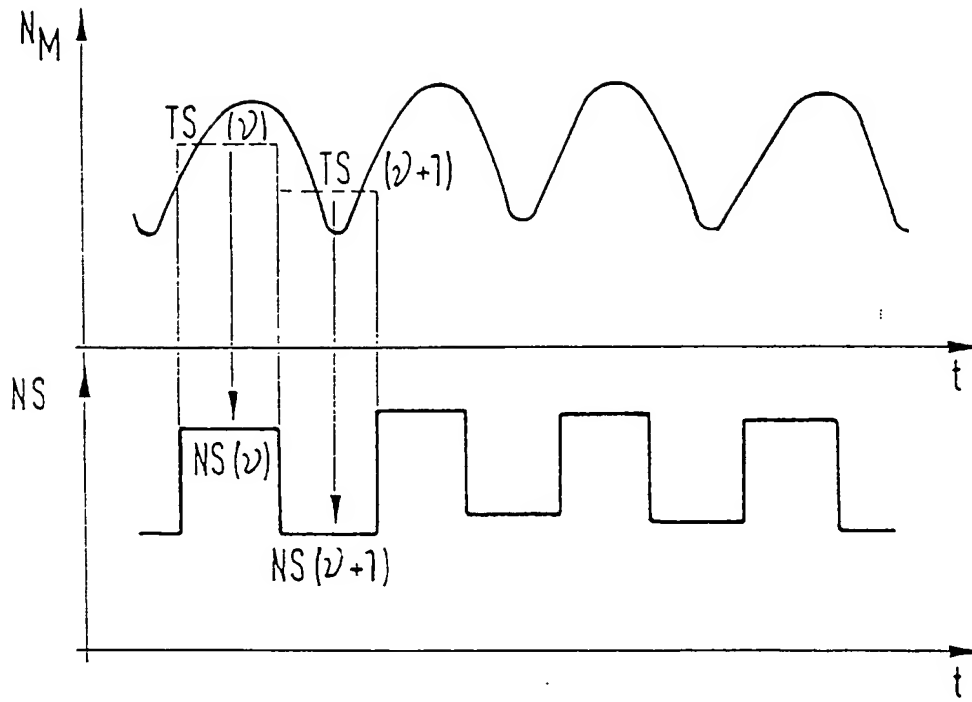


FIG. 2

